

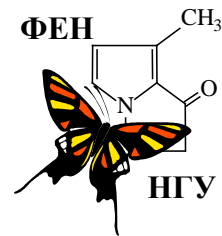


57-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Заключительный этап 2018-2019 уч. года

Задания по химии

8 класс



### Задание 1. «Периодическая таблица химических элементов».

*«Периодическому закону будущее не грозит разрушением, а только надстройкой и развитием обещаются»*

Д.И. Менделеев

2019 год провозглашен Генеральной ассамблеей ООН Международным годом периодической таблицы (системы) химических элементов, которая является наглядным выражением периодического закона русского ученого Д.И. Менделеева, сформулированного им в 1869 году. В 2019 году этому открытию исполняется 150 лет. Периодическая система (ПС) служит ярким примером уникально краткой, но чрезвычайно информативной классификации химических элементов. Ни одна другая наука не имеет такого емкого и краткого справочного пособия, при умелом



использовании которого можно очень много рассказать не только об известных, но и о не известных Вам и даже пока еще не полученных элементах и веществах. Руководствуясь выданной Вам «короткой» формой ПС и собственными знаниями, выполните следующие задания.

1. Напишите имя и отчество Д.И. Менделеева. Дайте определение понятию «химический элемент».
2. Приведите современную формулировку периодического закона и формулировку, предложенную Д.И. Менделеевым. Приведите современные названия элементов, которые Д.И. Менделеев назвал «экаалюминием» и «экасилицием».
3. Дайте определение понятию "металлы". Если разделить все химические элементы в выданной Вам ПС только на металлы и неметаллы, без "полуметаллов" или "металлоидов", сколько получится элементов-неметаллов?
4. Элементы некоторых подгрупп и других частей ПС имеют обобщенные названия. К какой группе и подгруппе ПС принадлежат следующие элементы: **а)** щелочные металлы; **б)** щелочноземельные металлы; **в)** инертные (благородные) газы; **г)** халькогены; **д)** галогены? Запишите обобщенные электронные конфигурации внешних энергетических уровней атомов щелочноземельных металлов и халькогенов. Какое из названий газов (инертные или благородные) более справедливо в настоящее время и почему?
5. Перечислите номера (2, 4, 6-9) элементов, относящихся к: **а)** платиновым металлам; **б)** благородным металлам; **в)** трансурановым элементам. Почему эти семейства так называются?
6. Среди элементов VII группы главной подгруппы ПС выберите: **а)** наиболее активный неметалл; **б)** элементы, не имеющие стабильных изотопов; **в)** элемент, высшая валентность которого не совпадает с номером группы; **г)** элемент, валентные электроны которого в основном состоянии имеют значение главного квантового числа 3; **д)** элемент, содержание которого в природе меньше остальных. Запишите краткую электронную конфигурацию иода в соединении  $\text{IF}_7$ .
7. Напишите уравнения реакций для следующих случаев взаимодействия: **а)** простых веществ, образованных элементами с атомными номерами 17 и 88; **б)** высших оксидов элементов № 15 и № 37; **в)** кислоты, образованной элементом № 7 в высшей степени окисления, и гидроксида элемента № 13; **г)** водородных соединений элементов № 7 и № 17; **д)** простого вещества элемента № 20 и водородного соединения элемента № 8; **е)** простого вещества элемента № 30 и водородного соединения элемента № 35.

8. Дайте определение понятию «изотопы». Сколько элементов ПС имеют хотя бы один стабильный изотоп?

9. Известно, что элемент бром представлен в природе двумя стабильными изотопами. Как называется величина, которая в ПС имеет значение 79,904? Массовые числа каждого из этих изотопов на единицу отличаются от округленной этой величины. Вычислите их природные доли в мольных и массовых %.

*«Мы посчитали целесообразным, чтобы был элемент имени русского химика Д. Менделеева, который разработал периодическую таблицу. Почти во всех наших экспериментах по обнаружению трансурановых элементов мы зависели от его метода прогнозирования химических свойств на основе положения элемента в таблице. Несмотря на то, что в середине "холодной войны" название элемента для русского было несколько смелым жестом, правительство США разрешило такое наименование элемента». Гленн Т. Сиборг.*

Элемент, названный в честь Менделеева, был впервые получен в 1955 г в США в количестве 17 атомов изотопа  $^{256}\text{Md}$  при бомбардировке изотопа  $^{253}\text{Es}$  альфа частицами (ядрами  $^4\text{He}$ ) [реакция 1]. Несколько позже, в начале 60-х годов, в российском ядерном центре в Дубне были получены сотни таких же изотопов этого элемента бомбардировкой  $^{238}\text{U}$  изотопами  $^{22}\text{Ne}$  [2] (известно, что в ходе этих реакций еще образуются протоны и/или нейтроны). Полученный в этих реакциях изотоп распадается по двум направлениям ( $\alpha$ -распад [3] и электронный захват [4]) с общим периодом полураспада 75 мин.

10. Приведите название элемента, полученное им в честь автора периодической таблицы. Сколько протонов, нейтронов и электронов в одном атоме изотопа  $^{256}\text{Md}$ ?

11. Напишите уравнения ядерных реакций [1]-[4]. Рассчитайте, какое количество атомов  $^{256}\text{Md}$  останется: а) через 75 мин.; б) через 225 мин. после их получения, если всего было получено 1000 атомов.

## **Задание 2. «Обратный коксовый газ».**

Во многих городах России, в разные годы проводивших различные этапы Всесибирской открытой олимпиады школьников, расположены крупнейшие российские предприятия черной металлургии: Магнитогорский, Челябинский, Нижнетагильский, Череповецкий, Новокузнецкий металлургические комбинаты, Оскольский электрометаллургический комбинат, металлургические заводы «Визсталь» (Екатеринбург), «Ижсталь» (Ижевск), «Сибэлектросталь» (Красноярск), им. Кузьмина (Новосибирск), «Серп и молот» (Москва) и другие.

Производство чугуна и стали немислимо без использования углерода, входящего в их конечный состав и выполняющего множество сопутствующих металлургических задач. Важнейшими для металлургии являются топливная и восстановительная функции углерода. В природе углерод в составе простого вещества находится в основном в виде углей, которые являются непрочными, вследствие чего не могут использоваться в современных металлургических печах напрямую. По этой причине предприятия черной металлургии всегда включают отдельные химические заводы по производству кокса (спечённого упрочнённого угля). Процесс коксования сводится к нагреву угля до температуры 1300-1350 °С без доступа воздуха в коксовых печах. Продуктами этого процесса являются кокс и первичный коксовый газ, который содержит много ценных парообразных и газообразных веществ. Первичный коксовый газ поступает в цех улавливания. При обработке первичного коксового газа в аппаратуре цеха улавливания из него выделяются основные химические продукты коксования и образуется очищенный коксовый газ. Он называется обратным, потому что часть его подается на обогрев коксовых печей, то есть, как бы возвращается обратно.

Обратный коксовый газ не имеет запаха и состоит в основном не конденсирующихся в обычных условиях компонентов и водяных паров. В его составе отсутствуют благородные газы и соединения со связью С-С, но содержится немного свободного кислорода, которого в 27 раз меньше, чем самого лёгкого компонента обратного газа. Относительная плотность по гелию обратного коксового газа составляет 2,8125. В заводской лаборатории определили, что в состав пробы обратного коксового газа входит 7 компонентов, после чего стали устанавливать содержание каждого из них (все измерения проведены при  $p = 1 \text{ атм}$ ).

I. Обратный коксовый газ пропустили через концентрированную серную кислоту, в результате чего его объем уменьшился в 1,0363 раза. Тот же результат был получен при сушке газа над безводным хлоридом кальция. (Все объемы измерены при 25 °С).

II. Другую порцию газа пропустили через трубку с оксидом кальция, в результате чего поглотились два компонента, а объем газа уменьшился в 1,0929 раза. (Все объемы измерены также при 25 °С).

III. При сжигании 100,00 л нагретого обратного коксового газа в 100,00 л кислорода получили 169,50 л смеси газов (все объемы измерены при 400 °С, молярный объем газа при этой температуре и давлении 1 атм составляет 55,2 л).

IV. Смесь газов, полученную после сжигания в п. III, охладили до 0 °С и пропустили через  $H_2SO_4$  конц., чтобы избавиться от паров воды. Объем полученной после этого «холодной» (0 °С) смеси газов составил 23,529 л.

V. «Холодную» смесь газов из п. IV пропустили через избыток раствора гидроксида кальция, в результате чего из смеси поглотился еще один компонент, а из раствора выпал осадок. Объем газовой смеси при этом уменьшился в 3,0526 раза, а плотность новой смеси составила 1,415 г/л (измерено при 0 °С).

VI. Новую смесь из п. V пропустили над избытком раскаленной медной стружки, в результате чего красная стружка почернела, а масса стружки увеличилась на 10,141 г. Газовая смесь при этом сильно уменьшилась в объеме, а в ее составе остался только один газ в том же количестве, в котором он содержался в исходном коксовом газе из п. III.

1. Проанализировав приведенную в задаче информацию, установите, какие еще газообразные вещества (формулы или названия), кроме воды и кислорода, могли входить в состав описанной пробы обратного коксового газа.

2. Напишите уравнения реакций, протекавших в ходе исследований обратного коксового газа в заводской лаборатории.

3. Вычислите содержание (мольные или объемные доли, которые для смесей газов совпадают) каждого из 7 компонентов обратного коксового газа в исходной пробе.

4. Вычислите количество тепла, выделившегося в п. III, если известны теплоты сгорания горючих компонентов обратного коксового газа в этих условиях (в порядке уменьшения мольного содержания): 240 кДж/моль, 800 кДж/моль, 280 кДж/моль.

### **Задание 3. «Хемотригонметрия».**

*«Питаем вас. Ужель не узнаете? Мы корни дерева, на коем вы цветете».*

Крылов И.А. «Листы и корни»

Настя любит математику, а химия ей никак не дается. Но, узнав, что старший брат написал задачу по химии, она решила взглянуть на неё...

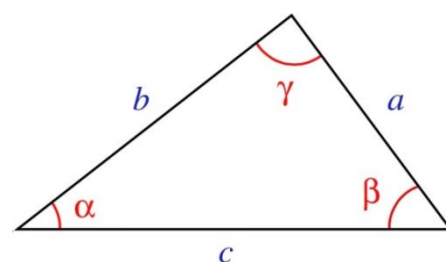
Если изобразить структурные формулы молекул  $NCI_3$  и  $BI_3$  так, как это принято в теории валентных связей (одна связь – одна черточка), то мы не увидим между ними никакой разницы. Однако валентные углы в этих молекулах заметно различаются, что приводит к существенному разному их геометрическому строению.

1. Назовите вещества  $NCI_3$  и  $BI_3$  и приведите структурные формулы их молекул.

Зная расстояния между центрами атомов или длины связей в реальных молекулах, можно легко вычислить значения валентных углов. Для этого нужно лишь быть знакомым с основами тригонометрии и помнить теорему косинусов, связывающую стороны и углы в треугольнике:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha.$$

Зашифруем химические символы в  $NCI_3$  и  $BI_3$  русскими буквами. По справочнику, расстояния в молекулах следующие.  $AB_3$ :  $r(A-B) = 2,10 \text{ \AA}$ ,  $r(B-B) = 3,64 \text{ \AA}$ ;  $GD_3$ :  $r(G-D) = 1,76 \text{ \AA}$ ,  $r(D-D) = 2,83 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ ).



2. Рассчитайте значения косинусов валентных углов ( $\cos\alpha$ ) Б-А-Б и Д-Г-Д в молекулах  $AB_3$  и  $GD_3$ . Вычислите значения самих углов в градусах. Для справки: чтобы вычислить  $\arccos(x)$  (значение угла, косинус которого равен  $x$ ) в инженерном калькуляторе надо набрать  $x$  и нажать кнопку  $\cos^{-1}$ .
3. Являются ли эти молекулы плоскими? Обоснуйте свой ответ. А теперь проведите дешифровку (установите соответствие между молекулами  $AB_3$ ,  $GD_3$  и  $BCl_3$ ,  $BI_3$ ) и скажите, чем именно так отличаются составляющие эти молекулы атомы, что углы получаются разными?
4. Дайте геометрические названия фигурам, которые образуют эти молекулы (линейная частица, плоский треугольник, треугольная пирамида, квадрат, четырехугольник, квадратная пирамида, призма, октаэдр и т. п.).

Как и любой человек, увлеченный математикой, но слабо знающий химию, Настя была очень удивлена, узнав о том, что у химиков есть свой, «химический косинус» (**COS**). В лаборатории он может быть получен действием соляной кислоты на тиокарбамат аммония  $NH_4NH_2COS$  [реакция 1] (вторым продуктом этой реакции является хлорид аммония). В чистом виде представляет собой легко воспламеняющийся газ без цвета и запаха, продуктом горения которого является смесь двух газов с резким кислым запахом одного из них [2]. Водой постепенно разлагается с образованием еще одной смеси двух газов [3], каждый из которых легко поглощается натриевой щелочью [4, 5]. Один из этих газов получается и при горении нашего «химического косинуса», а второй известен своим отвратительным запахом тухлых яиц.

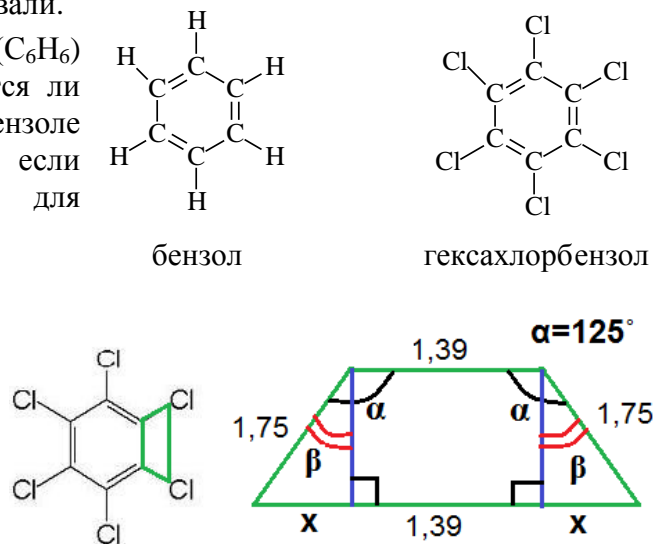
5. Назовите «химический косинус» так, как это принято у химиков. Напишите уравнения реакций [1]-[6].

6. Изобразите очень похожие друг на друга структурные формулы угольной кислоты ( $CO(OH)_2$ ), мочевины (карбамида,  $CO(NH_2)_2$ ) и тиомочевины (тиокарбамида,  $CS(NH_2)_2$ ). Если получилось, то для Вас не составит труда изобразить и структурные формулы карбаминовой (аминоугольной) и тиокарбаминовой кислот, которые, по сути, являются промежуточными формами между соединениями, структуры которых Вы уже расшифровали.

Известно, что циклический углеводород бензол ( $C_6H_6$ ) имеет плоское строение. Интересно, а вот останется ли молекула плоской, если все атомы водорода в бензоле заменить атомами хлора? Ответ можно получить, если воспользоваться другой известной теоремой для треугольника, теоремой синусов:

$$a/\sin\alpha = b/\sin\beta = c/\sin\gamma.$$

В справочнике для молекулы гексахлорбензола  $C_6Cl_6$  находим:  $r(C-Cl) = 1,75 \text{ \AA}$ ,  $r(C-C) = 1,39 \text{ \AA}$  (все длины связей между одинаковыми атомами одинаковые), угол  $C-C-Cl = 125^\circ$ . Посмотрите внимательно на рисунок справа, где выделена трапеция  $ClCCCl$  и попробуйте выполнить следующее задание.



7. Исходя из предположения, что молекула гексахлорбензола плоская, вычислите  $\sin\beta$ , значение угла  $\beta$  и длину отрезка  $x$ . Вычислите расстояние  $r(Cl-Cl)$  и сравните полученное Вами значение со справочной величиной  $r(Cl-Cl) = 3,50 \text{ \AA}$ . А теперь ответьте на вопрос, является ли эта молекула плоской?

При нагревании хлорида кремния в атмосфере аммиака [6] можно получить и «химический синус». Правда, его формула уже не будет полностью повторять математический символ синуса, поскольку и регистр букв не везде тот, что нужен, и подстрочные цифры тоже будут мешать...

8. Тем не менее, попробуйте записать молекулярную формулу «химического синуса», дать ему название и написать уравнение реакции [6], приводящей к его образованию.